

## ***Estructuras de cubierta con perfiles metálicos ligeros: problemática y CTE***

**David Caballol Bartolomé  
Álvaro Sánchez Moreno**

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS Y SU CONTROL  
E.U.A.T.M. - U.P.M.

### **RESUMEN**

*Las estructuras de cubierta realizadas con perfiles metálicos ligeros están obteniendo un considerable éxito en el mercado español. Su ligereza y rapidez de montaje han facilitado la introducción de un sistema que quedaba fuera de nuestra normativa sobre estructuras metálicas, hasta la aparición del código técnico.*

*La presente comunicación reflexiona sobre este tipo de estructuras de cubierta, adaptándose a lo descrito en el vigente Código Técnico y poniendo de relieve sus ventajas, inconvenientes y precauciones que deben tenerse durante su ejecución.*

### **1. INTRODUCCIÓN**

España se ha iniciado de forma algo tardía en el empleo de estructuras realizadas con acero galvanizado. Hace ya años que en otros lugares del mundo (Estados Unidos y Canadá principalmente) este sistema se ha hecho un hueco en el mercado de la construcción.

Este tipo de perfiles metálicos son empleados allí como parte de un sistema integral de estructura, nacido de la sustitución de los habituales perfiles de madera usados en los “Platform Framing” (sistemas de casas americanas), por perfiles de acero galvanizado.

En España sin embargo, la introducción de estos sistemas se ha limitado a la realización de cubiertas inclinadas ligeras, ya sea con la intención de crear un espacio habitable o no.

Las distintas variaciones de su empleo en cubiertas suelen ser:

- Simples formaciones de pendiente sobre forjado, sustituyendo a los tradicionales tabiques palomeros.
- Formación de estructuras de cubiertas de pequeñas luces mediante cerchas
- O combinación de las dos anteriores para crear espacios aprovechables bajo cubierta.

El apellido “ligeras” se debe a que están compuestas por perfiles de pequeño espesor (igual ó menor de 2 mm.), lo que las distingue del resto de soluciones de cubierta inclinada realizadas con acero laminado ó conformado y abarata su coste.

Este artículo pretende reflexionar sobre este tipo de estructuras de cubierta, poniendo de relieve a lo largo del mismo sus ventajas, sus inconvenientes, su relación con la normativa vigente y sobre todo las precauciones que se deben tomar durante su ejecución desde el punto de vista de la estabilidad.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA: ESQUEMA ESTRUCTURAL

Los perfiles aligerados son productos laminados en frío a partir de chapas galvanizadas de espesores habituales entre 1,5 y 2 mm adquiriendo formas resistentes (habitualmente forma de U). Existen fabricantes que consiguen formas distintas a la U, empleando diferentes sistemas de abotonado ó remachado entre perfiles.

Las uniones de los perfiles entre sí se realiza mediante cordones de soldadura o simple atornillado, interponiendo si es necesario cartelas planas realizadas con el mismo tipo de chapa.

Las cerchas de perfiles ligeros no se distinguen en su esquema estructural básico de otras estructuras de celosía compuestas por barras consideradas rígidas y nudos articulados. Recordaremos por tanto algunos de sus principios básicos.

Si la estructura pretende ser autoportante, la condición estructural fundamental que habrá de cumplir en su diseño es la de ser geométricamente indeformable, de ahí que sean habitualmente estructuras trianguladas.

Para poder calcularlas mediante un sistema de cálculo sencillo (Método de Cremona, Ritter, Equilibrio de nudos, etc.), se aplican algunas condiciones simplificadoras que deberán tenerse en cuenta cuando se realice su ejecución. Estas son:

- Las líneas de centros de gravedad de los perfiles que concurren en un nudo deben pasar por un mismo punto. Debemos por tanto evitar las excentricidades.
- Las cargas deben estar aplicadas en los nudos, ya que en las estructuras trianguladas que se encuentran cargadas solo en los nudos puede considerarse en general que las barras tienen sollicitación de compresión ó tracción centrada.

Como esta condición no siempre se cumple, si la carga no es excesiva, se considera que la aplicación de una carga en un punto intermedio de una barra es similar a la sustitución de la misma por la inversa de sus reacciones en los nudos. En el supuesto que existieran barras con cargas importantes aplicadas fuera de los nudos, sería por tanto necesario realizar su dimensionamiento a flexotracción ó flexocompresión.

Es decir, para su cálculo en las condiciones expresadas anteriormente se prescinde de los momentos flectores debidos a la rigidez de las uniones en los nudos.

Estas simplificaciones no podrán por lo tanto aplicarse a:

- Celosías muy irregulares,
- A aquellas que tengan barras que formen entre sí ángulos muy pequeños.
- A las que tengan barras de gran rigidez o a retículas con hiperelasticidad interna.



Siendo necesario en todas ellas estudiar la posible influencia de los momentos secundarios.

Una ventaja inmediata que se aprecia en el empleo de perfiles ligeros respecto a las estructuras metálicas convencionales es la reducción de la transmisión de cargas por peso propio.

Las cerchas si se diseñan teniendo en cuenta los criterios estructurales anteriormente mencionados, una vez colocadas son elementos indeformables en su plano, siendo necesario su arriostramiento fuera de este.

Deberemos por tanto verificar la existencia de cruces de San Andrés en ambas direcciones y no confiar el arriostramiento a unas correas que serán realizadas con perfiles U u Omegas de pequeño espesor y que podrían pandear con facilidad.

En aquellos casos donde pueda haber acciones de impacto hay que tener en cuenta la gran esbeltez de los perfiles metálicos ligeros a la hora de dimensionarlos. Siendo especialmente importante la corrección de cualquier abolladura, comba o torcedura que haya podido producirse antes de proceder al montaje.

### **3. NORMATIVA DE APLICACIÓN**

Hasta marzo de 2007, quedaba fuera del ámbito de aplicación de la normativa básica EA-95 “Estructuras de acero en la edificación”, ya que en su Parte 2 especificaba con claridad su aplicación “...a productos laminados en caliente de espesor mayor que 3 mm, a perfiles huecos y conformados en frío ó caliente destinados a servir de elementos resistentes de espesor constante mayor ó igual que 2 mm...”. Con lo que no existía normativa de obligado cumplimiento que las contemplara.

Sin embargo, desde la entrada en vigor del CTE y más concretamente su documento básico DB-A, este límite inferior ha quedado derogado, no especificando ya un espesor mínimo. El CTE no hace referencia explícita a las estructuras de acero aligeradas, pero las contempla dentro de su ámbito de aplicación.

Otras posibles normativas de referencia, que si bien no son de obligado cumplimiento, podrían ayudarnos a aclarar algún aspecto no específicamente contemplado en el DB-A, son:

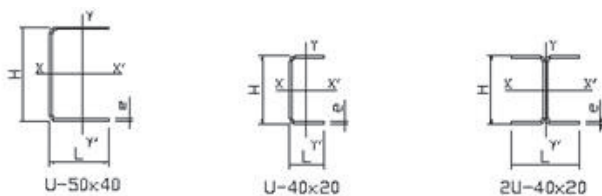
- Norma UNE-ENV 1090-1. “Ejecución de estructuras de acero, reglas generales y reglas para edificación”
- Norma UNE-ENV 1090-2. “Ejecución de estructuras de acero, reglas suplementarias para chapas y piezas delgadas conformadas en frío”
- Norma UNE-EN 10142. “Bandas (chapas y bobinas) de acero bajo en carbono, galvanizadas en continuo por inmersión en caliente para conformación en frío”.
- En el Eurocódigo 3 “Proyecto de estructuras de acero”, no encontramos información concreta sobre este tipo de estructuras ya que especifica en su anexo B (Normativo) que para elementos estructurales delgados y chapas ó flejes conformados en frío es necesario referirse a la Parte 1-3 de dicho Eurocódigo, y esta tercera parte aún está en fase de proyecto, prEN 1993-1-3 (en idioma inglés).

- Existen Documentos de Idoneidad Técnica específicos para estos sistemas, disponiéndose a través de ellos de una información técnica que proporciona suficientes garantías sobre su uso.
- Por último y como curiosidad, el proyecto de instrucción EAE, promovido por el Ministerio de Fomento si incluía en su articulado algunos aspectos específicos para estructuras aligeradas.

#### 4. MATERIALES QUE COMPONEN ESTE TIPO DE ESTRUCTURAS. CONTROL

##### Perfiles de chapa de acero:

Dado que los perfiles ligeros formados mediante el plegado de chapa de acero van a ejercer las mismas funciones resistentes que en caso de emplear acero laminado ó conformado convencional, parece lógico exigirles al menos las mismas garantías.



Los distintos suministradores deberán por tanto proporcionar las características mecánicas y químicas de sus perfiles, certificando la calidad del acero suministrado y aportando datos concretos sobre su composición, mediante ensayos de autocontrol de la producción.

En caso de tener dudas sobre los ensayos del material certificados por el mismo productor de los perfiles, es habitual que la Dirección Facultativa ordene la realización de ensayos de contraste realizados por laboratorio acreditado en el área EAP (Área de control de perfiles de acero para estructuras), sobre muestra tomada en obra.

La chapa de acero que compone los perfiles está recubierta y protegida contra la corrosión, frecuentemente mediante galvanizado por inmersión en caliente tipo Z-275 estrella normal. (275 gr Zinc/m<sup>2</sup>), en el que las chapas de acero antes de ser plegadas son sometidas a un baño de zinc fundido. Este procedimiento, siempre que no se deteriore el recubrimiento durante el montaje, garantiza a los perfiles una durabilidad excelente en situaciones de agresividad normal sin necesidad realizar un pintado posterior, ni de mantenimiento de ningún tipo, lo que supone otra ventaja a considerar. Como referencia, se pueden consultar las normas UNE-EN-ISO 1460:1996 y UNE-EN-ISO 1461:1999, recogidas en el anejo D del DB-A.

En el pliego de condiciones debe definirse cuales son las tolerancias admisibles en el doblado de la chapa para la formación de perfiles. Hay que tener en cuenta que las líneas de los centros de gravedad de los perfiles que concurren en un nudo deben pasar por un mismo punto. Un doblado defectuoso o poco controlado puede producir la aparición de perfiles de forma irregular, que provoquen esfuerzos secundarios no previstos.

El DB-A menciona las tolerancias de fabricación y de ejecución en su capítulo 11, pero de nuevo sin especificar para estructuras aligeradas, con lo que sus limitaciones son de difícil aplicación.

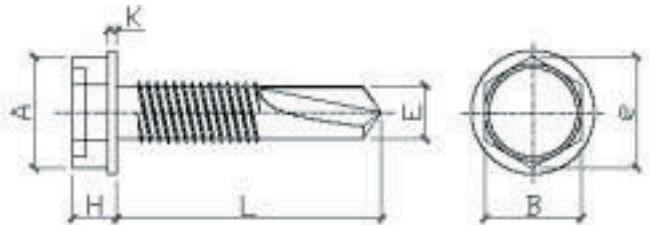
##### Cartelas:

Son elementos complementarios que actúan como placas de nudo para permitir las uniones y están elaboradas con chapa de acero galvanizada de características similares a la que compone los perfiles.

Su forma es habitualmente rectangular o triangular y lógicamente su espesor no ha de ser menor que el espesor mayor que tengan los perfiles que une.

### Tornillos:

Se suelen emplear tornillos autorroscantes para la formación de los nudos. Siendo por lo general la resistencia del acero que los compone mucho mayor que la de los perfiles, (tornillos autorroscantes de alta resistencia: superior a 40 kg/mm<sup>2</sup>).

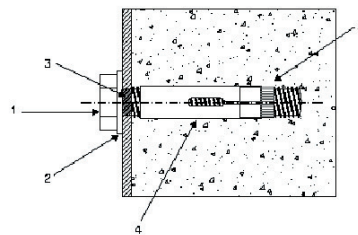


El número de tornillos a emplear en cada nudo vendrá determinado por el cálculo de la estructura y su diámetro será aquel que entrando en cálculo no debilite en exceso los perfiles taladrados.

Las disposiciones geométricas para uniones atornilladas especificadas en el artículo 8.5.1 del DB-A pueden servirnos para controlar bien las distancias entre tornillos y al borde de las piezas.

### Anclajes al forjado:

En caso de que el diseño exija anclajes al forjado o a otros elementos de hormigón, se emplean pernos de expansión mecánica. Estos pernos, atornillados a la chapa de acero que compone los perfiles horizontales de su base han de realizar una sólida fijación de las cerchas al forjado.



ITEM	COMPONENTE
1	Tornillo / Eje
2	Arandela
3	Antigiro
4	Camisa
5	Cono

## 5. LAS UNIONES

Existen dos métodos habituales de realizar la unión: por soldadura o mediante el empleo de tornillos. En ambos casos la ligereza de los perfiles empleados facilita el montaje manual, pudiéndose realizar en un plazo de tiempo muy ajustado. No obstante, es importante distinguir bien entre los dos sistemas.

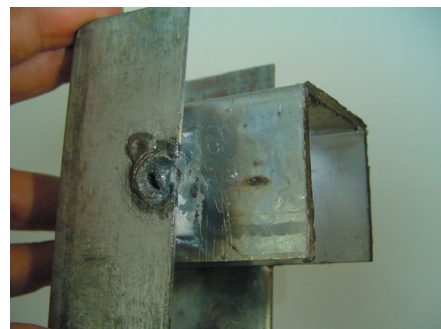
Al referirse a las uniones el DB-A si menciona específicamente este tipo de estructuras, admitiendo el empleo de elementos no contemplados en el DB (tornillos autorroscantes, soldadura por puntos ...etc) con las condiciones siguientes:

- “i) cuenten con el respaldo experimental suficiente, garantizado por el correspondiente sello;*
- j) se respeten las prescripciones de uso (distancias al borde, densidad de puntos, etc.);*
- k) aseguren una forma dúctil de fallo (por ejemplo, que la capacidad del tornillo supere la de la chapa a desgarrar)”.*

### Por soldadura:

Consiste en montar las cerchas mediante soldadura en obra de los distintos perfiles que componen sus barras.

El DB-A, a diferencia de normas anteriores, no limita la metodología de soldeo a emplear. Para no tener sorpresas, deberemos asegurarnos que el procedimiento de soldeo es adecuado y que los soldadores estén certificados por un organismo acreditado. En el momento de recibir los certificados deberemos tener especial cuidado en confirmar





que se certifica específicamente para el método de soldeo a utilizar en obra y para el rango inferior de espesores.

Ahora bien, el proceso de soldadura manual realizada en obra no es fácilmente aplicable con garantías a cualquier espesor y tipo de acero. Cuando los espesores del material son menores de dos milímetros y muy especialmente cuando el espesor desciende por debajo de 1,6 mm (1/16 de pulgada) el metal base funde a su través y el metal fundido abandona el perfil antes de que pueda ser establecido el cordón de soldadura. Se aprecian los característicos “boquetes” y se dice que la soldadura “se come el perfil” no quedando garantizada suficientemente la calidad de la unión. En el caso concreto de la soldadura al arco, ni aún empleando electrodos especiales y con baja penetración en vez de los habituales electrodos con recubrimiento de rutilo (6013) se podría garantizar que no se produjera algún “boquete”.

Para dudar aún más de las más bondades de la soldadura como método de unión en este tipo de perfiles debemos saber que el zinc que compone su galvanizado exterior una vez volatilizado por efecto del calor desprendido y combinado con oxígeno forma óxido de zinc, el cual en caso de quedar atrapado en el cordón de soldadura produce poros en el mismo. Antes de soldar un elemento galvanizado se debería retirar previamente el recubrimiento de la zona afectada. Pero dado los escasos espesores con que contamos, y el precioso tiempo que se pierde en llevar a cabo este trabajo, no suele hacerse así.

En cuanto al recubrimiento de los perfiles, el zinc es un material que tiene una temperatura de fusión a 419 °C y de vaporización a 907 °C. La temperatura producida al realizar una soldadura por arco revestido supera con amplitud ambos valores con lo que el recubrimiento se pierde en la zona que abarca el cordón de soldadura y en las superficies adyacentes que quedan dentro de su zona de influencia.

En consecuencia, es necesario proteger con posterioridad las zonas en las que el recubrimiento ha quedado dañado, con lo que quedaría en entredicho la ventaja anteriormente expuesta de que no era necesario realizar un pintado posterior, ni mantenimiento de ningún tipo.

Para garantizar plenamente el recubrimiento, todas las operaciones de corte y de soldadura deberían tener lugar antes de la galvanización. En caso contrario y especialmente en ambientes agresivos, será necesario restaurar y mantener las zonas afectadas con posterioridad a los trabajos de corte y soldadura.



La soldadura de elementos galvanizados tiene otro inconveniente que tiene que ver con la seguridad e higiene en el desempeño de los trabajos.

Cuando el zinc se vaporiza por efecto del calor y al contacto con el aire forma un denso humo blanco (óxido de zinc), que inhalado por un trabajador en cantidades importantes, le puede dar lugar a un ataque agudo de la denominada “fiebre del zinc”. La fiebre del zinc es un trastorno cuyos síntomas se parecen a los de una fuerte gripe y que se mantienen hasta que el organismo es capaz de expulsar el exceso de zinc a través de la orina.

Es necesario evitar la inhalación de los humos que se producen al soldar mediante una correcta ventilación mientras se trabaja. Afortunadamente,

en las condiciones habituales de montaje de la estructura de una cubierta inclinada en obra, las condiciones de ventilación suelen estar garantizadas.

#### **Mediante tornillos:**

El empleo de uniones atornilladas no tiene los inconvenientes que hemos descrito en el caso de la soldadura por lo que se considera el método de unión que más garantías nos ofrece.

El recubrimiento de zinc tan solo quedará puntualmente debilitado en el momento de realizar el taladrado del perfil para la introducción del perno autorroscante, pero el hueco queda completamente ocupado por el vástago.

Entre las precauciones que deberemos tomar están:



1. Que los tornillos a emplear sean también galvanizados y nunca de otro tipo de materiales capaces de producir corrosión por par galvánico, como es el caso del cobre. (Los tornillos de acero inoxidable son también adecuados al tener una elevada compatibilidad, no teniendo problemas salvo en casos de agresividad ambiental muy elevada).

2. Que el acero de los tornillos empleados no tenga una resistencia menor que el acero de los perfiles.

El empleo de uniones atornilladas en vez de soldadas en la cercha, puede incrementar ligeramente su peso en caso de que sea necesaria la interposición de las cartelas para realizar convenientemente la unión.

## **6. LA EJECUCIÓN. CONTROL**

Dado el pequeño espesor de los perfiles que componen este tipo de estructuras, es muy difícil montarlas a ras de suelo y después proceder a su izado con grúa sin que se produzcan deformaciones. Por eso su montaje suele realizarse a su cota definitiva de obra.

Lo más habitual es iniciarlo con la colocación y nivelación de la cumbrera para poder montar sobre ella los pares y el resto de elementos que componen la estructura, y terminar con el arriostramiento entre cerchas mediante cruces de San Andrés.

A los efectos de verificar en obra la correcta ejecución de este tipo de estructuras, haremos un recorrido de lo general a lo particular, describiendo los distintos puntos de los que puede constar el control.

- 1- Comprobación de la planeidad y verticalidad de las cerchas ante el riesgo de aparición de sobreesfuerzos.
- 2- Verificación de todos los aspectos de replanteo y dimensiones de la perfilera y arriostramientos de la estructura de la cubierta.
- 3- La forma de las cerchas (numero de barras, longitud, inclinación de las mismas, etc.), debe coincidir con lo inicialmente previsto en proyecto.

Sobre la ejecución de los nudos, deberemos tener presente lo indicado anteriormente al respecto, distinguiendo en el control si el sistema de unión empleado es tornillería o soldadura.

#### **Tornillería:**

- 1- Comprobación del espesor de las cartelas y pletinas de refuerzo (en caso de existir) y su encaje entre perfiles.
- 2- Verificación del número y separación de los tornillos entre si y con los bordes de los perfiles según proyecto de estructura de cubierta, así como el ajuste y apriete de los mismos.

#### **Soldadura:**



1- Verificación de que las soldaduras se realizan con suficientes garantías, comprobando la dimensión de los cordones, la inexistencia de defectos aparentes, penetraciones excesivas ó perforaciones en los perfiles o grietas en los cordones.

2- Como ya hemos visto, el calor provocado por el arco elimina por completo la protección que da al perfil el proceso de galvanizado, por lo que

habrá que controlar la aplicación sobre las soldaduras y su zona próxima, una vez realizadas, limpiadas de escoria y comprobadas, de una capa de pintura de modo que se garantice su resistencia a la corrosión.

#### **Anclajes a forjado:**

- 1- Revisión de todos aquellos aspectos relacionados con el anclaje de la estructura al forjado, como son el tipo, número, diámetro y separación de los tornillos, que deberán ser pernos de expansión mecánica homologados cuyo número y disposición estarán determinados en el proyecto de la estructura de cubierta.

Una vez realizadas todas las verificaciones sobre los distintos materiales componentes del sistema y su ejecución, podremos clasificar los defectos observados en función de su gravedad, para tomar las medidas que creamos oportunas.

En una primera aproximación podemos clasificarlos como sigue:

#### **Defectos poco importantes.**

- Defectos puramente estéticos (color o textura) y que no comprometan el recubrimiento de los perfiles
- Desperfectos locales durante el transporte o manipulación que sean fácilmente reparables
- Errores de replanteo inferiores a las tolerancias previstas.
- Defectos puntuales en el galvanizado de los perfiles.
- Modificación del orden de ejecución previsto que no provoquen sobreesfuerzos provisionales excesivos a las barras.
- etc...



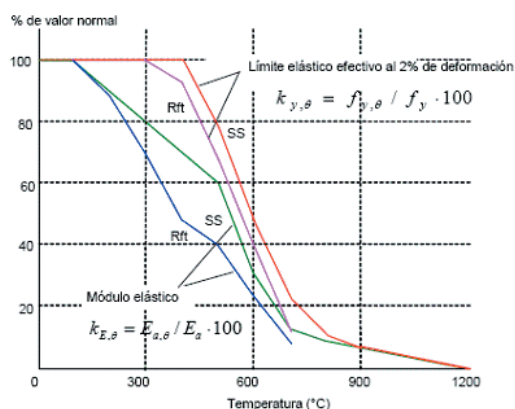
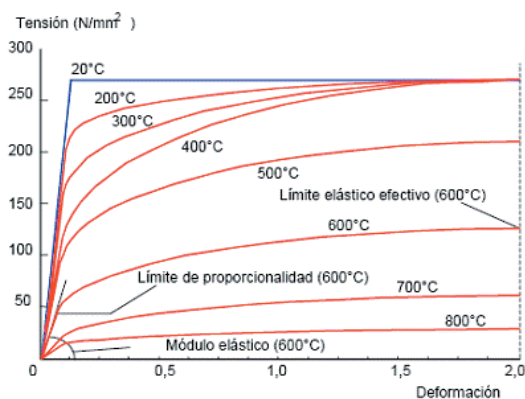
## Defectos importantes o muy importantes.

- Orden o método de ejecución no previsto que provoca sobreesfuerzos no calculados durante el montaje.
- Dimensiones de perfiles, cartelas y/o tornillos inferiores a las exigibles.
- Uniones entre nudos realizados mediante soldadura sin control exhaustivo.
- Cordones de soldadura defectuosos ó sin sistema aplicado a posteriori que garantice su durabilidad.
- Errores de replanteo y posición superiores a las tolerancias.
- Anclajes incorrectos de las cerchas al forjado.
- Inexistencia de arriostramiento entre cerchas.
- Características de los materiales inferiores a las exigibles.
- etc....

## 7. LA RESISTENCIA AL FUEGO

Un fenómeno que aun no hemos mencionado y al que es especialmente vulnerable este tipo de estructura es el fuego. Si se está empleando como simple formación de pendiente sobre forjado no es previsible que haya problemas de resistencia al fuego, ya que el forjado actúa como elemento aislante. Sin embargo en soluciones habitables será necesario proteger la estructura tal y como indica el DB-SI.

Aunque el acero es un material no combustible, sus propiedades mecánicas fundamentales se ven gravemente afectadas al ser sometido a las altas temperaturas que se producen durante un incendio. En las figuras siguientes se ilustra este hecho.



En la figura 1 podemos observar como la correspondencia entre tensión aplicada ( $\sigma$  en N/mm<sup>2</sup>) y deformación obtenida ( $\epsilon$ ) se ve alterada con el aumento de temperatura del perfil.

En la figura 2 podemos apreciar como disminuye porcentualmente el módulo de elasticidad con el aumento de temperatura del perfil ( $T$  en °C). Hay que tener en cuenta que por efecto del calor se originan amplias deformaciones y dilataciones que pueden poner en peligro la estabilidad de la cubierta.

La temperatura que alcanza un perfil de acero sin protección en un tiempo dado depende, de su factor de forma, entre otros factores (carga de fuego, ventilación...). El factor de forma es la relación entre el perímetro expuesto al fuego y la sección del perfil, y por este motivo en estructuras metálicas comunes se recomienda un aumento de la masa de los perfiles que componen la estructura, como parámetro de diseño que favorece la resistencia al fuego. Con los reducidos espesores de perfiles con que contamos en este tipo de estructuras ligeras, estaremos en casos en los que los factores de forma serán muy desfavorables.

No se puede contar con el recubrimiento mediante galvanizado, como protección frente al fuego. De hecho por regla general se considera que el efecto del fuego sobre un material galvanizado es el mismo que si no tuviera recubrimiento alguno. Por lo tanto, habrá que tener prevista la aplicación de algún sistema de protección.

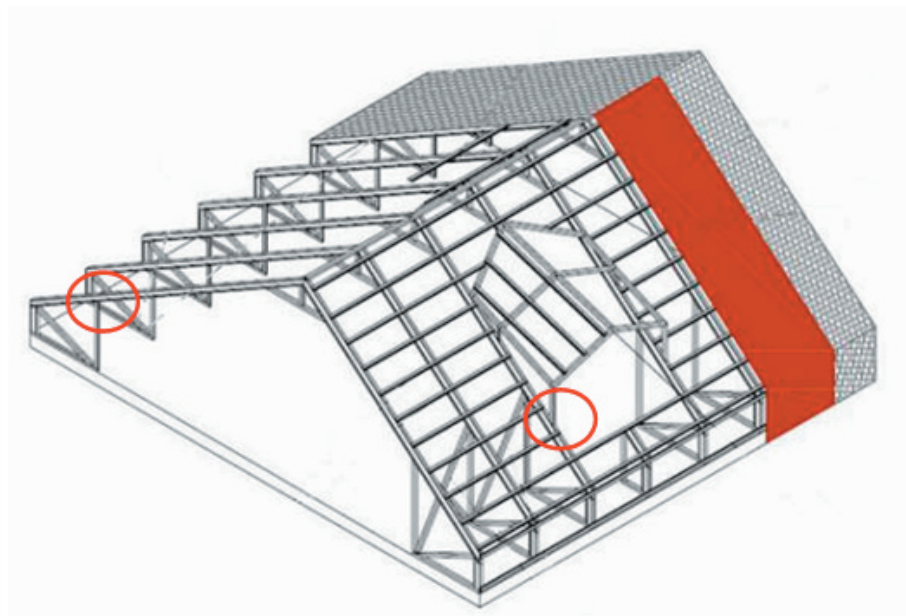
El DB-SI define para elementos con secciones de pared delgada, (clase 4 según art. 5.2.4 del DB-A), que la temperatura del acero en todas las secciones transversales no debe superar los 350 °C.

Para ello, se puede hacer uso de proyecciones aislantes, pinturas intumescentes, tabiques, o cualquier otro método conocido, pero dadas las características de los perfiles metálicos ligeros el método más común es el de trasdosados laminados, de modo que garanticen los niveles de resistencia al fuego exigidos.

Este aspecto si no es tenido en cuenta a la hora de planificar nuestra obra, puede hacer que se incremente notablemente el coste, e incluso puede dejar de ser competitivo el sistema de estructuras ligeras al sumar el coste de proteger a sus elementos contra el fuego.

## 8. AISLAMIENTO

En los casos de espacios aprovechables bajo cubierta será necesario estudiar adecuadamente soluciones que permitan la obtención de aislamientos tanto acústicos como térmicos que cumplan con los requerimientos de la normativa (DB-HR y DB-HE).



El principal punto de actuación en los casos de aislamiento acústico serán las ventanas, sin descuidar otros puntos problemáticos, como las aristas interiores del recinto habitable que mal resueltas pueden llegar a provocar puentes acústicos.

## 9. REFERENCIAS

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 10142 : *Bandas (Chapas y Bobinas) De Acero Bajo En Carbono, Galvanizadas En Continuo Por Inmersión En Caliente Para Conformación En Frío : Condiciones Técnicas De Suministro*. Madrid: Aenor, 2001.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN UNE-EN ISO 1461 : *Recubrimientos Galvanizados En Caliente Sobre Productos Acabados De Hierro y Acero : Especificaciones y Métodos De Ensayo : (ISO 1461:1999)*. Madrid: Aenor, 1999.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-ENV 1090-2 : *Ejecución De Estructuras De Acero. Parte 2, Reglas Complementarias Para Chapas y Piezas Delgadas Conformadas En Frío*. Madrid: Aenor, 1999.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN UNE-ENV 1090-1 : *Ejecución De Estructuras De Acero. Parte 1, Reglas Generales y Reglas Para Edificación*. Madrid: Aenor, 1997.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN ISO 1460 : *Recubrimientos Metálicos : Recubrimientos De Galvanización En Caliente Sobre Materiales Férricos : Determinación Gravimétrica De La Masa Por Unidad De Área : (ISO 1460:1992)*. Madrid: Aenor, 1996.
- COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN Y ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Eurocódigo 3 : *Proyecto De Estructuras De Acero*. Madrid: Aenor, 1996.
- ESPAÑA. MINISTERIO DE LA VIVIENDA. CTE - *Código Técnico De La Edificación*. Madrid: Ministerio de la Vivienda, 2006.
- ESPAÑA. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE Y MEDIO AMBIENTE. EA-95 *Estructuras de acero en edificación*. Madrid: Dirección General para la Vivienda, el Urbanismo y la Arquitectura, 199.